

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-250888

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月22日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

B 6 5 H 23/192

B 6 5 H 23/192

Z

G 0 5 B 13/02

G 0 5 B 13/02

Z

13/04

13/04

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-61253

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月14日

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 本田 英己

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 梅田 信弘

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 小黒 龍一

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

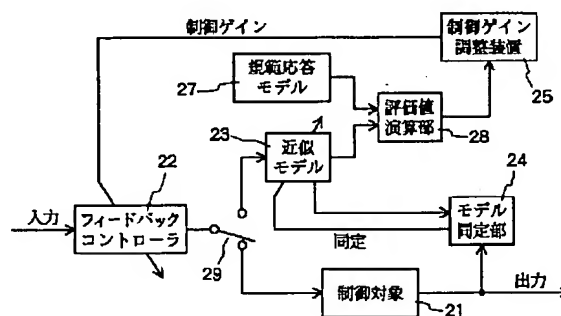
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 張力制御方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】複数の駆動ロールを用いてウェブ材料を搬送する際に、張力制御ループに与える制御ゲインを状況に応じて自動的に高速かつ最適に調整できるようにする。

【解決手段】張力制御を行うフィードバックコントローラ22の制御ゲインを制御ゲイン調整装置25により調整する際に、遺伝的アルゴリズムを使用する。このとき、フィードバックコントローラ22の出力を近似モデル23と与え、近似モデル23と規範となる応答を示す規範応答モデル27との応答偏差に基づいて評価値を算出し、この評価値に基づいて遺伝子操作を実行する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウェブ材料の搬送方向に沿って配置しそれぞれ電動機に連結した複数の駆動ロールを用いて前記ウェブ材料を搬送し、前記各電動機がそれぞれライン速度を基準とする速度指令に基づく速度制御ループによって制御され、相隣接する2つの前記駆動ロールにそれぞれ連結した前記電動機の一方は、前記速度制御ループをマイナーループとしかつ前記相隣接する2つの前記駆動ロール間での前記ウェブ材料の張力の検出出力をフィードバック信号とする張力制御ループを有し、前記相隣接する2つの前記駆動ロール間での前記ウェブ材料の張力を制御する張力制御方法において、前記張力制御ループに対する制御ゲインを調整する際に、前記制御ゲインを記号列に変換して前記記号列を接続したものを、前記制御ゲイン及びその組み合わせを表わすコード列とし、調整対象となる前記制御ゲイン及びその調整条件を入力する第1の工程と、前記調整条件に応じて、解候補となる前記コード列の初期集団を生成する第2の工程と、前記各コード列について、前記制御ゲインへのデコードを行い、デコードされた前記制御ゲインによって得られた応答から評価値を求める第3の工程と、前記評価値に応じて前記各コード列に対して遺伝的アルゴリズムに基づく遺伝子操作を施し、子となる解候補コード列を生成する第4の工程と、収束を判定する第5の工程とを有し、前記第3の工程、前記第4の工程及び前記第5の工程を繰り返し実行することによって前記制御ゲインの最適化を行うことを特徴とする張力制御方法。

【請求項2】 前記張力制御ループを含む張力制御系の近似モデルと、規範となる応答を与える規範応答モデルとを使用し、前記近似モデルと前記規範応答モデルとの応答偏差に基づいて前記評価値を定める請求項1に記載の張力制御方法。

【請求項3】 前記近似モデルと前記規範応答モデルとの応答偏差に基づいて前記評価値を算出する評価関数比較手段と、前記制御ゲインが与えられて前記張力制御のためのフィードバック制御を行うコントローラと、基準範囲内の応答が得られた場合に前記コントローラの出力信号を前記近似モデルから制御対象側に切り替える切り替え手段と、前記制御対象と前記近似モデルとに同一の指令を与えそのときの応答偏差により前記近似モデルの各パラメータを修正するモデル同定部と、前記第1の工程乃至前記第5の工程を実施する調整ゲイン調整手段と、を使用する請求項2に記載の張力制御方法。

【請求項4】 ウェブ材料の搬送方向に沿って配置した第1の駆動ロール及び第2の駆動ロールと、前記第1の駆動ロール及び前記第2の駆動ロールにそれぞれ連結す

2

る第1の電動機及び第2の電動機と、前記第1の駆動ロールと前記第2の駆動ロールの中間に配置されて前記ウェブ材料の張力を検出する張力検出器とを有し、前記各電動機がそれぞれライン速度を基準とする速度指令に基づく速度制御ループによって制御され、前記第1の電動機及び前記第2の電動機のうちの一方は、前記速度制御ループをマイナーループとするとともに前記張力検出器からの検出出力をフィードバック信号とする張力制御ループを有し、前記各駆動ロールにより前記張力を制御しつつ前記ウェブ材料を搬送する張力制御装置において、前記駆動制御ループ内に設けられ制御ゲインにしたがって張力制御を行うコントローラと、前記張力制御ループを含む張力制御系の近似モデルと、規範となる応答を与える規範応答モデルと、前記近似モデルと前記規範応答モデルとの応答偏差に基づいて評価値を算出する評価関数比較手段と、基準範囲内の応答が得られた場合に前記コントローラの出力信号を前記近似モデルから制御対象側に切り替える切り替え手段と、

前記制御対象と前記近似モデルとに同一の指令を与えそのときの応答偏差により前記近似モデルの各パラメータを修正するモデル同定部と、前記制御ゲインを調整する制御ゲイン調整手段とを有し、

前記制御ゲイン調整手段は、前記制御ゲインを記号列に変換して前記記号列を接続したものを、前記制御ゲイン及びその組み合わせを表わすコード列とし、調整条件に応じて解候補となる前記コード列の初期集団を生成し、初期集団の生成後、所定の収束条件を満足するまで、前記各コード列について前記制御ゲインへのデコードを行って前記コントローラに入力し、そのときの前記評価値に応じて前記各コード列に対して遺伝的アルゴリズムに基づく遺伝子操作を施し、子となる解候補コード列を生成することを繰り返し、前記制御ゲインの最適化を行うことを特徴とする張力制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、金属帯、ロール紙、フィルムなどのウェブ材料を取り扱う設備におけるウェブ材料の張力制御方法に関し、特に、ウェブ材料を搬送するための複数のドライブ機構を有するマルチドライブ制御システムにおける張力制御方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】金属帯、ロール紙、高分子フィルムなどのウェブ材料を製造したり加工したりする設備においては、これらウェブ材料を搬送するために、複数のドライブ機構が設けられたマルチドライブ制御システムが一般的に用いられている。各ドライブ機構には、それぞれ駆動ロールが設けられる。複数の駆動ロールをそれぞれ別

個に制御することにより、ウェブ材料の速度と張力とを独立して制御することが可能になる。図2は、このようなマルチドライブ制御システムでの制御系の構成の一例を示すブロック図である。ウェブ材料1を図示矢印方向に搬送するために、この搬送方向に関して上流側に第1の駆動ロール2、下流側に第2の駆動ロール3が設けられている。またこれら各駆動ロール2,3の中間の位置に、ウェブ材料1の張力を検出して張力検出信号 T_{fb} として出力するための張力検出器4が設置されている。駆動ロール2,3は、それぞれ、減速機5,6を介して電動機（モータ）7,8に連結しており、電動機7,8によって駆動される。電動機7,8には、それぞれ、その速度を検出して速度検出信号 V_{fb1} , V_{fb2} として出力するための速度検出器（パルスジェネレータ）9,10が接続している。電動機7,8はそれぞれドライブ装置11,12により駆動され、ドライブ装置11,12には、それぞれ、速度制御器13,14から制御量が入力する。

【0003】張力指令 T_{ref} 及び速度指令 V_{ref} は、それぞれ、張力設定器19及び速度設定器20によって設定される。ここでは、上流側の第1の駆動ロール2では、速度指令 V_{ref} と張力指令 T_{ref} とに基づく制御を行うことにより張力制御を行い、下流側の第2の駆動ロール3では、速度指令 V_{ref} のみに基づく制御を行うことにより速度制御を行っている。速度制御を行う第2の駆動ロールに関しては、速度指令 V_{ref} と速度検出信号 V_{fb2} との偏差を算出する減算器16が設けられ、減算器16の出力が速度制御器14に入力している。速度制御器14では、例えば、PI制御あるいはPID制御が用いられている。第1の駆動ロール2について、張力指令 V_{ref} と張力検出信号 T_{fb} との偏差を求める減算器17が設けられ、減算器17の出力は、張力制御を行うための張力制御器18に入力している。そして、張力制御器18の出力と速度指令 V_{ref} の和と速度検出信号 V_{fb1} との偏差を求める減算器15が設けられ、この減算器15の出力が速度制御器13に入力している。結局、張力制御を行う第1の駆動ロールに関し、速度指令 V_{ref} と速度検出信号 V_{fb1} との偏差によって速度制御を行うマイナーループが設けられている。その一方で張力検出器4によってウェブ材料1の張力が検出されており、その張力検出信号 T_{fb} を用いて張力制御器18は張力制御を行い、速度制御のマイナーループによる制御量に対し、張力制御器18からの出力に応じた変調を加えている。従来、速度制御器13ではPI制御あるいはPID制御が用いられ、同様に、張力制御器18でもPI制御あるいはPID制御が用いられている。

【0004】この場合、張力制御器18では、応答性や安定性に対する要求を満足するために、適切な制御ゲインの設定が必要となる。しかし、上述したマルチドライブ制御システムでは、前後のセクションとの相互干渉や、要求仕様による制御ゲインの制約等から、理論通り

には制御ゲインを設定できない。そのため、従来は、作業者が制御量を観測し、試行錯誤で制御ゲインを変更していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、マルチドライブ制御システムにおいてPI制御あるいはPID制御により張力制御を行おうとすると、制御ゲインの設定に時間がかかる上、作業者の経験に頼るところが大きく、状況に応じた制御ゲインの設定変更などが困難であるという問題点がある。本発明の目的は、状況に応じて制御ゲインを自動的に高速かつ最適に調整することができる張力制御方法及び装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の張力制御方法は、ウェブ材料の搬送方向に沿って配置しそれぞれ電動機に連結した複数の駆動ロールを用いて前記ウェブ材料を搬送し、前記各電動機がそれぞれライン速度を基準とする速度指令に基づく速度制御ループによって制御され、相隣接する2つの前記駆動ロールにそれぞれ連結した前記電動機的一方は、前記速度制御ループをマイナーループとしかつ前記相隣接する2つの前記駆動ロール間での前記ウェブ材料の張力の検出出力をフィードバック信号とする張力制御ループを有し、前記相隣接する2つの前記駆動ロール間での前記ウェブ材料の張力を制御する張力制御方法において、前記張力制御ループに対する制御ゲインを調整する際に、前記制御ゲインを記号列に変換して前記記号列を接続したものを、前記制御ゲイン及びその組み合わせを表わすコード列とし、調整対象となる前記制御ゲイン及びその調整条件を入力する第1の工程と、前記調整条件に応じて、解候補となる前記コード列の初期集団を生成する第2の工程と、前記各コード列について、前記制御ゲインへのデコードを行い、デコードされた前記制御ゲインによって得られた応答から評価値を求める第3の工程と、前記評価値に応じて前記各コード列に対して遺伝的アルゴリズムに基づく遺伝子操作を施し、子となる解候補コード列を生成する第4の工程と、収束を判定する第5の工程とを有し、前記第3の工程、前記第4の工程及び前記第5の工程を繰り返し実行することによって前記制御ゲインの最適化を行う。

【0007】本発明の張力制御方法においては、前記張力制御ループを含む張力制御系の近似モデルと、規範となる応答を与える規範応答モデルとを使用し、前記近似モデルと前記規範応答モデルとの応答偏差に基づいて前記評価値を定めることができる。本発明の張力制御装置は、ウェブ材料の搬送方向に沿って配置した第1の駆動ロール及び第2の駆動ロールと、前記第1の駆動ロール及び前記第2の駆動ロールにそれぞれ連結する第1の電動機及び第2の電動機と、前記第1の駆動ロールと前記第2の駆動ロールの中間に配置されて前記ウェブ材料の張力を検出する張力検出器とを有し、前記各電動機がそ

それぞれライン速度を基準とする速度指令に基づく速度制御ループによって制御され、前記第1の電動機及び前記第2の電動機のうちの一方は、前記速度制御ループをマイナーループとするとともに前記張力検出器からの検出出力をフィードバック信号とする張力制御ループを有し、前記各駆動ロールにより前記張力を制御しつつ前記ウェブ材料を搬送する張力制御装置において、前記駆動制御ループ内に設けられ制御ゲインにしたがって張力制御を行うコントローラと、前記張力制御ループを含む張力制御系の近似モデルと、規範となる応答を与える規範応答モデルと、前記近似モデルと前記規範応答モデルとの応答偏差に基づいて評価値を算出する評価関数比較手段と、基準範囲内の応答が得られた場合に前記コントローラの出力信号を前記近似モデルから制御対象側に切り替える切り替え手段と、前記制御対象と前記近似モデルとに同一の指令を与えそのときの応答偏差により前記近似モデルの各パラメータを修正するモデル同定部と、前記制御ゲインを調整する制御ゲイン調整手段とを有し、前記制御ゲイン調整手段は、前記制御ゲインを記号列に変換して前記記号列を接続したものを、前記制御ゲイン及びその組み合わせを表わすコード列とし、調整条件に応じて、解候補となる前記コード列の初期集団を生成し、初期集団の生成後、所定の収束条件を満足するまで、前記各コード列について前記制御ゲインへのデコードを行って前記コントローラに入力し、そのときの前記評価値に応じて前記各コード列に対して遺伝的アルゴリズムに基づく遺伝子操作を施し、子となる解候補コード列を生成することを繰り返す、前記制御ゲインの最適化を行う。

【0008】本発明では、遺伝的アルゴリズムを用いているので、張力制御系の制御ゲインを、状況に応じて自動的に高速かつ最適に調整することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。図1は、本発明の実施の一形態の張力制御装置の構成を示すブロック図である。図1に示す張力制御装置は、図2に示すようなマルチドライブ制御システムにおいて、本発明の張力制御方法によって張力制御器18の制御ゲインを決定する。図1において、制御対象21は、図2に示すマルチドライブ制御システムにおける張力制御器18からの先（ウェブ材料1側）の各構成要素を一括して抽象化したものであり、また、フィードバックコントローラ22は、図2における張力制御器18と同じ構成のものである。そして、制御対象21を近似化したモデルである近似化モデル23と、制御対象21の出力と近似モデル23の出力を比較して近似モデル23の同定を行うモデル同定部24と、フィードバックコントローラ22の制御ゲインを調整する制御ゲイン調整装置25と、理想の応答を示す予め設定された規範応答モデル27と、近似モデル23による応答と規範応答モデル27による応答とを比較し

て評価値を算出する評価値演算部28と、フィードバックコントローラ22の出力（制御信号）を制御対象21に入力するか近似モデル23に入力するかを切り替える切り替え器29とが、設けられている。

【0010】制御ゲイン調整装置25は、評価値演算部28で算出された評価値に基づき、遺伝的アルゴリズムの手法を用いて、フィードバックコントローラ22の制御ゲインの自動調整を行う。また、本実施の形態では、調整を行うのに妥当なモデルを予め近似モデル23として設定しておき、近似モデル23のうちの未知のパラメータのみを最小二乗法などによりモデル同定部24によって同定するようにしている。具体的には、制御対象21と近似モデル23に同一の指令を与え、その応答偏差に基づいて、モデル同定部24は近似モデル23の各パラメータを修正する。次に、本実施の形態における制御ゲインの調整方法について、図3のフローチャートを用いて説明する。

【0011】最初に、第1の工程として各条件の入力を行い（ステップ51）、第2の工程として、遺伝的アルゴリズムにおいて個体として使用するコード列の初期集団を作成する（ステップ52）。本実施の形態では、各制御ゲインの下限値と、必要あるいは設定できる数値の刻みを基にしたスケールと、2進数変換とにより各制御ゲインをコード化する。そして、このようにコード化された各制御ゲインを表すビット列をつなぎあわせたものを制御ゲインの組み合わせ候補となる1つのコード列（個体）とする。そして各ビットをランダムに設定したコード列をM個発生させ、初期集団としている。次に、第3の工程として、集団に含まれる各コード列をデコードした制御ゲインにより応答シミュレーションを行い、前記各候補の評価値をそれぞれ求める（ステップ53）。すなわち、切り替え器29を近似モデル23側に切り替えておき、コード列をデコードして得た各制御源をフィードバックコントローラ22に与え、張力ステップ指令に対する近似モデル23の応答を求める。そして、評価関数比較手段である評価値演算部28により、近似モデル23の応答を規範応答モデル27の応答と比較し、評価値 V_i を算出する。本実施の形態では、評価値 V_i は、次に示す評価関数により求めている。

【0012】

【数1】

$$V_i = \sum_{j=0}^N k_j \int_0^T \{x_j(t) - x_{j\text{model}}(t)\}^2 dt \quad (1)$$

【0013】ここで、Nは評価する状態変数の数、Tは評価時間、 x_j は近似モデル23での各状態変数（張力など）の値、 $x_{j\text{model}}$ は規範応答モデル27での各状態変数の値、 k_j は各状態変数に対する重みを表している。次に、第4の工程として、評価値 V_i を基に次式のように各候補の選択確率 P_i を計算し、この選択確率 P_i にしたがって、重複を含みながらM/2組のコード列の

対を作り、交叉及び突然変異の遺伝的操作を行って、次の世代のコード列群として、M個の子のコード列を生成する(ステップ54)。

【0014】

【数2】

$$P_i = \frac{1}{V_i} \quad (2)$$

【0015】ここでまず交叉処理について説明する。図4は交叉処理を示すフローチャートであり、図5は交叉処理の概念を説明する図である。各コード列に対して第3の工程で決定した選択確率 P_i により、1組が2つのコード列からなるとして、重複を含んで $M/2$ 組の組み合わせを決定する(ステップ61)。このように決定された組(ペア)の1つを図5(a)に示す。図中、“●”と“○”は、それぞれ、“0”と“1”からなる二値の一方と他方を示している。次に、各ペアごとに、交叉位置をランダムに決定する(ステップ62)。図5(b)は、あるペアについて設定された交叉位置の例を示している。そして、コード列のうちこの交叉位置の一方の側(図示した例では右側)の部分を部分コード列と呼ぶことにすると、ペアを構成する2つのコード列間で部分コード列を入れ替える(ステップ63)。図5(c)は、このような入れ替えを行った後のコード列を示している。このような交叉処理を行うことによって、最終的に、新たな候補補となるM個のコード列を生成する(ステップ64)。

【0016】続いて、突然変異処理について説明する。図6は突然変異処理を示すフローチャートであり、図7は突然変異処理の概念を説明する。予め定めた突然変異確率にしたがい、各コード列に対し、ランダムに突然変異の発生位置を宣言する(ステップ71)。図7(a)は、突然変異の発生位置が宣言される前のコード列の一例を示し、図7(b)は、図7(a)に示したコード列に宣言された突然変異の発生位置を示している。そして、図7(c)に示すように、突然変異の発生を宣言された位置のビットを反転させる(ステップ72)。このようにして交叉と突然変異を経て次の世代のコード列群が生成したら、第5の工程として、予め設定した収束条件を満足しているかを判定する(ステップ55)。収束条件を満足していたら遺伝的アルゴリズムに基づく制御ゲインの決定を終了し、収束条件を満足していないならば、第3の工程(ステップ53)に戻る。第3の工程から第5の工程までの処理を繰り返すことによって、張力制御のための制御ゲインが最適化される。

【0017】そして、このように最適化された制御ゲインをフィードバックコントローラ22に設定し、切り替え器29を制御対象21側に切り替え、マルチドライブ

制御システムの通常の運転に入る。

【0018】

【発明の効果】以上述べたように本発明は、遺伝的アルゴリズムを用いて張力制御系の制御ゲインを自動調整することにより、状況に応じて、高速、かつ、高精度に制御ゲインを調整できるようになるという効果がある。また、近似モデルにより制御ゲイン調整を行う場合には、実際の動作系を用いないので、安全に自動調整を行うことができる。近似モデルの同定部を備えることにより、ウェブの材質劣化や減速機の劣化等によってモデルのパラメータが変わっても、何度でも制御ゲインの調整をやり直すことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態の張力制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】マルチドライブ制御システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図3】制御ゲインの調整の手順を示すフローチャートである。

【図4】交叉処理を説明するフローチャートである。

【図5】交叉処理の概念を説明する図である。

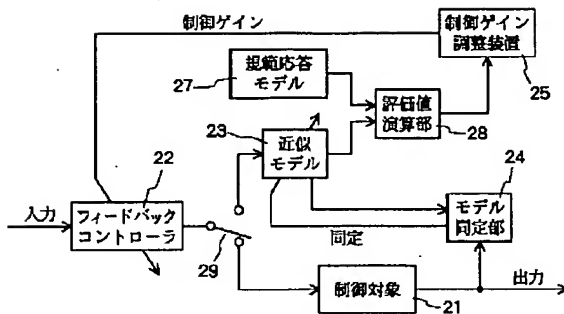
【図6】突然変異処理を説明するフローチャートである。

【図7】突然変異処理の概念を説明する図である。

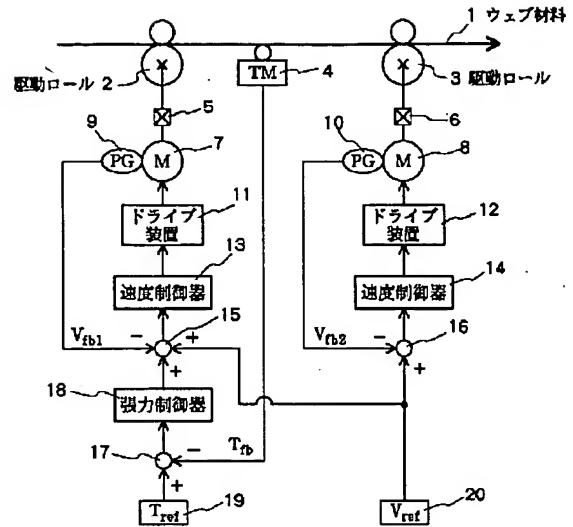
【符号の説明】

- 1 ウェブ材料
- 2, 3 駆動ロール
- 4 張力検出器
- 5, 6 減速機
- 7, 8 電動機
- 9, 10 速度検出器
- 11, 12 ドライブ装置
- 13, 14 速度制御器
- 15~17 減算器
- 18 張力制御器
- 19 張力設定器
- 20 速度設定器
- 21 制御対象
- 22 フィードバックコントローラ
- 23 近似モデル
- 24 モデル同定部
- 25 制御ゲイン調整装置
- 27 規範応答モデル
- 28 評価値演算部
- 29 切り替え器
- 51~55, 61~64, 71, 72 ステップ

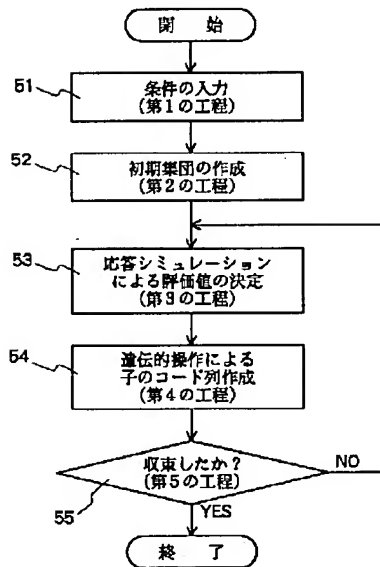
【図1】



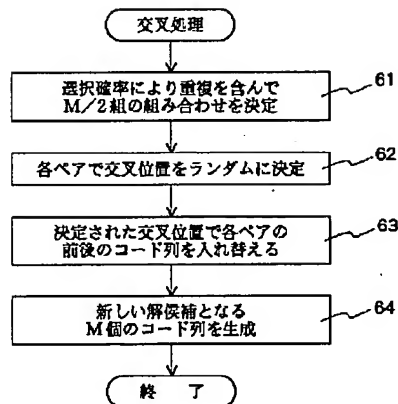
【図2】



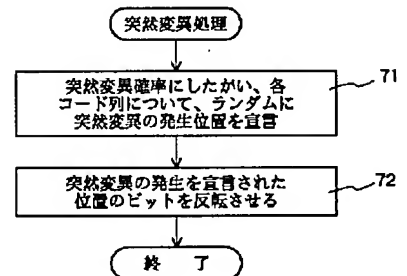
【図3】



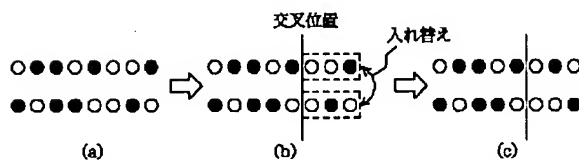
【図4】



【図6】



【図5】



【図7】

